ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

INAUGURAZIONE ANNO ACCADEMICO 2009/2010

PROLUSIONE DEL PROF. TOMMASO RUGGERI

L'Universo matematico:
dalla Meccanica celeste ai Sistemi complessi

Bologna, 19 dicembre 2009
Aula Magna di Santa Lucia

L'UNIVERSO MATEMATICO
dalla Meccanica Celeste ai Sistemi Complessi

TOMMASO RUGGERI*

Magnifico Rettore, Autorità, Colleghi, Signore e Signori, Cari Studenti

Quando il Magnifico Rettore mi ha invitato a tenere questa prolusione mi sono sentito veramente lusingato e, però, allo stesso tempo mi sono subito avveduto della difficoltà cui sarei andato incontro nell'intento di individuare un argomento accessibile anche ad un uditorio costituito da persone di elevata cultura ma non avvezze al linguaggio matematico, un argomento che potesse appunto prestarsi ad una trattazione in forma discorsiva, scevra di espressioni incomprensibili da parte dei non iniziati.

D'altro canto, non mi è qui possibile utilizzare alcuno strumento quale una lavagna o un qualche audiovisivo; e questo per un matematico è più o meno come per un siciliano dover parlare senza poter gesticolare!

Per inciso io sono anche siciliano!

Tale premessa giustifica il contenuto della mia esposizione che è soprattutto di carattere storico e divulgativo e che vuole dare un'idea, seppure imprecisa e sommaria, di alcuni modelli e metodi che sono stati elaborati nel passare degli anni a partire dagli albori della meccanica razionale per finire a modelli complessi in cui sono stati evidenziati nuovi interessanti fenomeni.

Nell'intento di comprendere e spiegare i fenomeni della natura, l'insieme dei modelli matematici costituisce un *universo matematico* che non ha la mera funzione di offrire il sostegno, comunque necessario, che è proprio dei calcoli ma – di più – prospetta modelli teorici riguardanti la struttura stessa dei fatti naturali, persino anticipando la loro scoperta (un esempio per tutti: la prova dell'espansione dell'Universo per merito di Edwin Hubble si ebbe in modo completo solo nel 1929, sette anni dopo che Alexander Friedmann l'aveva previsto come soluzione delle equazioni della relatività generale di Einstein del 1915).

La cosiddetta matematica applicata ha, come si sa origini antiche. Da sempre si sono avuti tentativi di costruire *modelli matematici* allo scopo di spiegare fenomeni naturali. Questo, fra l'altro, ha comportato un rapporto inscindibile tra la matematica e la filosofia: solo per fare i primi esempi che vengono in mente, ***Eratostene***, che arrivò a calcolare il valore della circonferenza della Terra; ***Talete***, che calcolò l'altezza delle piramidi sfruttando l'ombra da esse proiettata; il *Modello cosmico* di ***Platone***, formato dai cinque

* Ordinario di Meccanica Razionale, Facoltà di Ingegneria – Accademico dei Lincei.

solidi regolari; ***Pitagora,*** che evidenzia l'armonia determinata dal rapporto tra i numeri e le note musicali; gli ***Atomi democritei***.

Tuttavia, nonostante si fosse intrapreso il cammino dell'uso della matematica, con Aristotele essa passò in secondo piano e si dovette attendere fino al Rinascimento perché tornasse in auge.

Come dice Paolo Rossi nel suo libro *La nascita della scienza moderna in Europa (Editore Laterza 1988)*:

La nascita della scienza moderna fu caratterizzata dall'infaticabile attività di "filosofi naturali", artigiani e ricercatori che, lavorando prevalentemente al di fuori delle università, costituirono una Repubblica ideale priva di frontiere, in un'Europa insanguinata dalle guerre di religione, assai diversa da quella di oggi. Accomunati dalla volontà di esplorare nuovi continenti del sapere, i protagonisti dell'impresa scientifica si diedero istituzioni proprie nelle quali venne definito, di contro alla tradizione, il carattere pubblico, cioè soggetto a critiche e controlli, della conoscenza.

Copernico era polacco, Bacone, Harvey e Newton inglesi, Cartesio, Fermat e Pascal francesi, Tycho Brahe danese, Paracelso, Keplero e Leibniz tedeschi, Huygens olandese, Galilei, Torricelli e Malpighi italiani.

Il discorso di ciascuno di questi personaggi fu legato a quello degli altri, in una realtà artificiale o ideale, priva di frontiere, in una Repubblica della scienza che si costruì faticosamente un suo spazio in situazioni sociali e politiche sempre difficili, spesso drammatiche, talora tragiche.

L'Universo Matematico della Meccanica Classica

Non è un caso che il primo vero trattato di Meccanica moderna, base della Fisica, autore Galileo Galilei, abbia per titolo *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze* (1638), mentre la formalizzazione definitiva della nuova Meccanica classica è contenuta nell'opera immortale di Isaac Newton dal titolo *Philosophiae naturalis principia mathematica* (1687), in cui egli espose la nuova teoria gravitazionale e che costituisce uno dei capolavori della scienza moderna.

L'opera è infatti una grande sintesi della Rivoluzione scientifica del '600, una sistemazione geniale dei principi fondamentali che avevano portato al tramonto della fisica aristotelica. Alexander Pope (1688-1744) diceva di Isaac Newton

Nature and nature's laws lay hid in night;
God said, "Let Newton be", and all was light.

I *Principia* iniziano con l'enunciazione delle leggi del moto, supponendo che tutti i movimenti avvengano in uno spazio vuoto, che non oppone resistenza. Le leggi del moto, che Newton chiama anche assiomi e che sono precedute da una serie di definizioni (massa, forza, movimento) costituiscono i principi della meccanica classica.

La relatività del movimento rende poi necessaria l'individuazione di uno *spazio assoluto* cui riferire le leggi fondamentali del moto. Newton, facilitato dall'affermarsi del sistema astronomico copernicano, lo individua nel *cielo delle stelle fisse*, poeticamente definite da Shakespeare ***le candele della notte***.

Nasce allora il primo *Universo matematico* della Meccanica classica, valido ancora oggi purché i corpi siano non troppo piccoli e abbiano velocità non troppo elevate. Vi rientrano, per molti versi, problemi riguardanti il nostro sistema planetario, la teoria dei satelliti artificiali e una miriade di questioni poste dalla scienza moderna. Su questa base l'uomo è andato sulla luna ed ha sfiorato la cometa di Halley realizzando la profezia di Seneca, il quale venti secoli prima aveva affermato che le comete sono corpi celesti dei quali l'uomo avrebbe poi descritto le traiettorie.

La matematica a sua volta è influenzata dai suoi stessi modelli. Come è ben noto, Newton per formalizzare la sua teoria costruisce (contemporaneamente a Leibniz) un nuovo capitolo della matematica che prende il nome di *Analisi infinitesimale*.

Può apparire sorprendente che un modello matematico, che non è di per sé la realtà ma solo una sua rappresentazione, frutto della mente umana, riesca non solo a spiegare alcuni fenomeni della natura ma anche (e soprattutto) a prevederne altri ancora prima del loro verificarsi. In un certo senso, possiamo dire che il sogno dell'uomo di riuscire a prevedere il futuro si avvera: ad esempio, prima di lanciare un satellite, pur disponendo solo di pochi dati iniziali, si è in grado di stabilire con assoluta precisione come esso si muoverà.

Sull'onda del successo iniziale della dinamica di Newton, si sono estesi i metodi a modelli sempre più complessi e man mano sempre più realistici che sono alla base della fisica e dell'ingegneria moderna.

È celebre il detto di Bernard Shaw:

La Scienza è sempre sbagliata. Non risolve mai
un problema senza crearne dieci nuovi.

Dallo schema semplice del punto materiale che non ha dimensione, si è passati a quello del corpo esteso ma rigido, poi ai sistemi non rigidi ma determinabili con un numero finito di parametri (gradi di libertà), per finire con la descrizione del moto dei fluidi o dei solidi deformabili.

Non è superfluo rammentare che il mondo nel quale viviamo ospita una miriade di fenomeni che cadono sotto i nostri occhi e che possiamo spiegare grazie anche ai modelli matematici: dai terremoti alla formazione dei cristalli, dalla circolazione del sangue alla musica ed ai fenomeni di degrado di opere d'arte e via dicendo.

I metodi razionali della meccanica si sono quindi spostati ben presto ad altri campi della fisica, quali la teoria dell'elasticità, l'elettromagnetismo e successivamente alla teoria della relatività e alle nuove meccaniche, la quantistica e la statistica.

Tuttavia, vorrei qui soffermarmi su due aspetti in qualche modo decisivi e nuovi per la matematica applicata moderna: *1) la possibilità di estendere i metodi della matematica non solo alla fisica e all'ingegneria ma anche ad altre scienze, quali ad esempio la biologia; 2) le dinamiche non lineari per sistemi complessi.*

Dalla fisica agli altri campi

Uno dei più illustri Fisici Matematici è stato **Vito Volterra** (1860-1940) che, tenendo nel 1901 una memorabile prolusione all'anno accademico universitario dell'Università di Roma *Sui tentativi di applicazione delle matematiche alle scienze economiche e sociali*, diede la misura della maturità e del prestigio raggiunto dalla comunità matematica italiana. Volterra, che fu anche Presidente dell'Accademia dei Lincei, è ricordato per i suoi fondamentali apporti ai primi sviluppi dell'analisi funzionale, alla teoria dell'elasticità, alla teoria delle equazioni integrali e integro-differenziali e, più in generale, a quelle che egli definì le *teorie ereditarie*.

Ma, sicuramente il suo nome è noto al grande pubblico per avere fornito il primo modello matematico Preda-Predatore di ecosistema. Lo zoologo Umberto D'Ancona, genero di Volterra, aveva compiuto degli studi statistici sulle popolazioni dei pesci dell'Adriatico, rilevando un aumento della percentuale dei pesci predatori sul totale del pescato negli anni della prima guerra mondiale; e aveva ipotizzato che ciò fosse dovuto all'interruzione della pesca causata dalla guerra navale. Egli chiese al suocero di dimostrare questa ipotesi in termini matematici.

Volterra elaborò una complessa teoria che studiava il caso generale della convivenza di un numero qualsiasi di specie animali in competizione fra loro, cui diede il nome di *teoria matematica della lotta per la vita*.

Il modello di base – descrivente la coesistenza fra una specie di prede e una di predatori – consisteva in un sistema di due equazioni differenziali non lineari, oggi note come equazioni di Lotka-Volterra (in quanto introdotte indipendentemente per un problema diverso dallo statistico statunitense Alfred J. Lotka). Dall'analisi di questo modello Volterra ricavò tre *leggi*. La prima legge asserisce che le densità delle due popolazioni hanno un andamento ciclico; la seconda afferma che le medie della densità delle due popolazioni in un periodo non dipendono dai valori iniziali. La terza legge dimostra che un prelievo indiscriminato delle due popolazioni (come avviene nella pesca) determina un aumento del numero delle prede e una diminuzione del numero dei predatori. In tal modo, veniva mostrata la validità dell'ipotesi di D'Ancona.

La terza legge suggerisce ad esempio in Agraria che il ricorso agli insetticidi può essere talvolta controproducente. Difatti, trattandosi di un prelievo indiscriminato di entrambe le specie (una sorta di *pesca*), esso produrrà un incremento delle prede (ovvero degli insetti dannosi per le piante) e una diminuzione dei benefici predatori che si nutrono dei primi.

Dinamiche non lineari: il caos deterministico

Vorrei dare adesso un'idea del caos deterministico il cui esempio più conosciuto è quello del cosiddetto *attrattore* di Lorenz. **Edward Norton Lorenz** (1917-2008) era un professore di meteorologia al famoso MIT (Massachusetts Institute of Technology) e nel 1963 propose un semplice modello matematico per descrivere la nascita di regimi turbolenti nell'atmosfera. Questo modello è particolarmente significativo per la comprensione dei meccanismi che determinano i comportamenti caotici.

Con tale modello Lorenz iniziò a studiare le precipitazioni e si rese conto che non sempre i cambiamenti climatici sono prevedibili. Minime variazioni dei parametri iniziali del modello possono produrre enormi variazioni nelle precipitazioni. Lorenz riusci a capire la struttura matematica insita nel problema e nel suo articolo *Deterministic Non-periodic Flow* apparso sul *Journal of the Atmospheric Sciences*, descrisse un sistema di equazioni relativamente semplice che dava come risultato un'infinita serie di soluzioni che mostravano per tempi lunghi un'estrema variabilità rispetto ai dati iniziali. Questo sistema prese il nome di *attrattore di Lorenz.*

Questo significa che in un *sistema complesso* una minima variazione dei dati di ingresso potrebbe avere una grande influenza sul risultato finale.

Tutto ciò ha delle conseguenze notevoli. Ad esempio, nell'ambito della meteorologia questa sensibilità alle condizioni iniziali, caratteristica di un *attrattore strano*, rende incerte tutte le previsioni a lunga scadenza perchè lo stato iniziale non può essere mai conosciuto con precisione infinita. Infatti, lo stato dell'atmosfera a un certo istante è noto con una limitata precisione a causa dello scarso numero di stazioni di rilevamento e dell'accuratezza finita degli strumenti di misura.

A tale proposito è stato calcolato il limite di tempo oltre il quale la previsione non può essere considerata valida. *Il valore trovato è di circa dieci giorni*. Questo fenomeno che è intrinseco alla natura del problema viene a volte indicato, in modo pittoresco, con il nome di ***effetto farfalla*** (*Può il batter d'ali di una farfalla in Brasile provocare un tornado in Texas?* fu il titolo di una famosa conferenza tenuta da Lorenz nel 1979): anche se si conoscessero perfettamente tutti i parametri relativi alla natura del problema fisico-matematico, l'incertezza sulle condizioni iniziali causata da una lievissima perturbazione sarebbe sufficiente a falsare le previsioni a lunga scadenza.

La scoperta del caos deterministico ha inflitto un duro colpo alla convinzione illuministica che l'uomo fosse in grado di prevedere univocamente lo sviluppo degli eventi futuri per tutti i tempi successivi all'istante iniziale.

La stessa Meccanica Celeste del nostro sistema solare, che sembrava ormai un campo di ricerca superato, ha ritrovato nuovo interesse non solo per l'avvento dell'era spaziale ma anche per merito delle dinamiche non lineari. Infatti, le orbite descritte da Keplero e dedotte poi da Newton sarebbero percorse con assoluta precisione solo se si trascurassero le perturbazioni dovute agli altri corpi. Le orbite reali sono invece come dicono Celletti e Perozzi nel loro libro *Ordine e Caos nel Sistema Solare (Utet 2007),* "*elastiche*": *cambiano forma e dimensioni continuamente a seconda di come vengono tirate dalle perturbazioni. Possono allora allungarsi fino ad attraversare tutto il sistema solare, pulsare regolarmente intrappolate nel fenomeno delle risonanze, oppure annodarsi in un groviglio inestricabile quando il caos ci mette la coda*.

Lorenz è considerato il padre della teoria del *caos deterministico*. Inizialmente sottovalutata, essa a partire dagli anni '80 ha trovato applicazione in svariati ambiti della scienza. Dinamiche non lineari tipiche del caos deterministico sono presenti ad esempio nel mercato azionario in Economia, nei modelli matematici della Fisiologia umana in Medicina, ecc…

Modelli matematici per analogia: il traffico automobilistico

Restando nella problematica non lineare applicata a campi diversi dalla Fisica è da notare che, talvolta, la modellistica matematica nasce per una sorta di sottile e non evidente analogia. Ad esempio, una delle applicazioni più interessanti è stata quella dei modelli del traffico automobilistico. L'idea dovuta inizialmente a due fisici matematici inglesi (J. Lightill e G. B. Witham) prende lo spunto dal fatto che il traffico automobilistico può essere messo in analogia con il moto di un fluido. Ad esempio, in un tratto di strada senza uscite o entrate, il moto delle auto dovrà soddisfare la legge di conservazione della massa che qui diventa la conservazione del numero delle auto. Questo semplicissimo modello, applicato alla situazione delle auto ferme a un semaforo che diventa verde al tempo iniziale, nasconde di fatto un modello matematico molto complesso descritto non solo da un'equazione differenziale alle derivate parziali non lineare ma anche con un dato iniziale discontinuo (*problema di Riemann*).

La soluzione di questo problema ci dice, in accordo con l'esperienza, che il desiderio degli automobilisti di muoversi tutti nello stesso momento è irrealizzabile (cosa possibile se il modello fosse lineare) e che, invece, il moto è rappresentato da un'onda di *rarefazione* (le macchine si muoveranno necessariamente in tempi diversi).

Ho provato a spiegarlo ad alcuni amici siciliani, ma senza riuscirci. A questo proposito ricordo ancora quella volta che mia moglie notò a Messina che lo stesso conducente della macchina in prima fila aveva iniziato a suonare non appena il semaforo era diventato verde, tanto comune è l'abitudine che hanno i miei compaesani a non credere ai modelli matematici ed a suonare il clacson!

I modelli del traffico sono uno dei capitoli più interessanti e oggetto di molte ricerche attuali che adesso si spingono a modelli di traffico pedonale o anche al moto degli animali, ad esempio per spiegare i diversi raggruppamenti geometrici degli uccelli migratori nel loro moto.

Matematica pura e applicata: Ricci Curbastro ed Einstein

Sinora ho illustrato esempi di matematica cosiddetta applicata ovvero di una matematica che serve a prevedere e a spiegare un fenomeno. Tuttavia la mente umana ha la libertà di divagare su questioni di matematica che non sembrano necessariamente applicabili. Così, matematici come Gauss e Riemann si pongono la curiosità matematica di quale sarebbe la distanza tra due punti se lo spazio fosse curvo. Più in generale si pongono la domanda di come generalizzare la cosiddetta geometria euclidea (spazi piatti) a spazi curvi. La matematica che non ha necessariamente finalità applicative si chiama con un linguaggio un po’ barocco *matematica pura*. Talvolta però, anzi spesso, la matematica pura diventa applicabile. Un esempio famoso e interessantissimo è quello che coinvolge Einstein e uno (allora) sconosciuto Professore di fisica matematica a Padova, originario di Lugo di Romagna, Gregorio Ricci Curbastro.

Ricci Curbastro, partendo dall’opera di questi maestri, costruisce un magnifico edificio chiamato ***calcolo differenziale assoluto***. La parola “assoluto” si spiega col fatto che esso è indipendente dal sistema di riferimento. Questo suo lavoro passa in Italia quasi inosservato come accade spesso. Per ben due volte concorre al premio reale di matematica bandito dall’Accademia dei Lincei e per due volte gli viene detto che si tratta di un risultato interessante ma non meritevole del premio.

Nel frattempo il fisico più famoso del Novecento, Albert Einstein, non pago di aver inferto un colpo mortale con la sua relatività ristretta al concetto di un tempo assoluto, inizia a sviluppare le intuizioni del 1905 in una visione più generale che permetta di superare le teorie di Newton sulla gravitazione e pervenire a una teoria relativistica della gravitazione, la cosiddetta *teoria della relatività generale*.

Ma per far questo occorre disporre di uno strumento matematico che consenta di trattare lo spazio-tempo in maniera assoluta e non relativa al particolare sistema di riferimento adottato. Si rivolge quindi all'amico matematico Marcel Grossmann, collega al Politecnico di Zurigo, con la famosa frase:

Grossmann aiutami, sennò divento pazzo.

Grossmann lo aiuta portando alla sua attenzione l'esistenza del calcolo di Ricci Curbastro. Nasce la ***teoria della relatività generale*** in cui nella famosa equazione che governa la gravitazione appare un ente matematico chiamato il *tensore di Ricci* e cosi Ricci Curbastro e il suo grandissimo allievo Tullio Levi Civita diventano anche essi popolari ottenendo il meritato riconoscimento.
Nella sua casa natale a Lugo di Romagna è affissa una targa commemorativa che recita:

Diede alla scienza il calcolo differenziale assoluto, strumento indispensabile per la teoria della relatività generale, visione nuova dell'universo .

La Matematica, il mondo reale e le altre discipline

La Matematica spesso viene vista come una disciplina fine a se stessa e per questo quasi inutile. Eppure quotidianamente ciascuno di noi ne fa uso, seppur alle volte in modo inconsapevole: dalla fotografia e musica digitale (jpg, mp3), dal gps alla crittografia (bancomat), dalla ricerca in internet (Google) alla Tac, dai modelli epidemiologici alle indagini statistiche, dai modelli finanziari ai sistemi antimissili: in tutto questo (ed in altro ancora) si nascondono sofisticati e talvolta astratti problemi di matematica. Tutti questi strumenti sono quanto mai necessari per il governo dei sistemi complessi che caratterizzano la società moderna.

La complessità fa sì che nuove parole entrino nel linguaggio non solo degli specialisti ma anche nello stesso linguaggio parlato**,** quali:

reti, auto-organizzazione, formazione di pattern, adattamento, frattali, caos, attrattori, scaling, ecc..

Ai tradizionali metodi matematici si affiancano metodi statistici, automi cellulari e il ruolo degli strumenti informatici diventa decisivo.

Il ricercatore solitario inizia a scomparire e molte ricerche di avanguardia che riguardano le applicazioni della matematica coinvolgono scienziati di varia estrazione e tendenza. Oggi non è difficile trovare pregevoli articoli scientifici in collaborazione tra matematici e cultori di altre discipline, quali fisici, ingegneri, economisti, biologi, medici, archeologi, ecc.

Le connessioni tra la matematica e la musica sono profonde e meriterebbero un’analisi a parte, cosi come è ben noto che l’interesse verso la matematica non ha risparmiato neppure l’arte e la letteratura. Per quanto riguarda l’arte basterà ricordare gli aspetti geometrici nelle opere degli architetti e scultori dell’antichità classica, la *sezione aurea* (*divina proportione*) di Leonardo, le *costruzioni impossibili* di Escher. Per la letteratura, come dice il mio collega fisico matematico Claudio Bertocci nell’introduzione della sua raccolta *Racconti Matematici (Einaudi 2006)*, prendendo in prestito le parole di André Weil fra letteratura e matematica ci sono state: *furtive carezze, corrispondenze incerte, consonanze e dissonanze.* Per inciso in questo libro vi è anche una simpatica intervista del nostro Umberto Eco a...Pitagora!

A proposito di corrispondenze significative, permettetemi almeno di citare quella affascinante fra, da un lato, l’eleganza, la simmetria e la bellezza di una teoria dal punto di vista matematico e, dall’altro, il suo contenuto di verità. A questo proposito, Paul Dirac diceva: *Lo studioso, mentre cerca con tutte le sue forze di esprimere le leggi fondamentali della natura in forma matematica, dovrebbe tendere massimamente all’eleganza. La semplicità dei concetti deve* *essere subordinata alla bellezza [...] e in caso di conflitto quest'ultima dovrebbe prevalere.*

Ricerca di base e rischi dell'Impact Factor: De Giorgi e Nash

Desidero ultimare questa mia succinta esposizione rilevando l'importanza della ricerca di base. Oggi vi è una smania di finanziare progetti che diano immediati risultati pratici dimenticando che le grandi scoperte si fanno invece soprattutto grazie alla ricerca di base.

In questo mondo complesso la nostra ricerca si classifica mediante *impact factor*, *h-index*, *g-index* e molti altri quantificatori. Ci si intenda. Convengo sulla necessità di trovare parametri idonei a selezionare i buoni ricercatori e la buona ricerca; tuttavia, vorrei ricordare, a tal proposito, l'esempio di due geni della matematica recente, **John Nash** (premio Nobel per l'economia) ed **Ennio De Giorgi** (professore di Analisi Matematica a Pisa).

Nash è divenuto famoso presso il grande pubblico perché dalla sua vita, raccontata nel libro di Sylvia Nasar, è stato poi tratto un celebre e recente film *A beautiful mind*. Nonostante la sua vita travagliata (per anni entrava e usciva da cliniche per malattie mentali) Nash ha rivoluzionato l'economia con i suoi studi di matematica applicata alla "*teoria dei giochi*", vincendo il premio Nobel per l'economia nel 1994. Tuttavia questo lavoro dal punto di vista matematico è comunque ritenuto "minore". Il risultato invece più importante dal punto di vista matematico è che Nash ha risolto uno dei grandi problemi irrisolti della matematica, il cosiddetto XIX problema di Hilbert, uno della famosa lista dei ventitré problemi che Hilbert nel 1900 pose alla comunità matematica e che riteneva sarebbero stati una sfida per tutto il secolo a venire.

Finita la guerra il Courant Institute di New York invia il matematico Paul R. Garabedian in Europa per verificare lo stato dell'arte della matematica e si scopre che in *the most obscure journal imaginable* (parole del relatore) ***Memorie dell'Accademia delle Scienze di Torino*** scritto in lingua italiana, Ennio De Giorgi**,** un giovanissimo timido professore leccese, aveva risolto l'enigma matematico prima di lui e in maniera ancora più generale! Questo fatto non permise a Nash di vincere nel 1958 la *Fields Medal* (l'equivalente allora del premio Nobel della Matematica) e sembra che questa sia stata la goccia che ha fatto traboccare il vaso verso la sua schizofrenia.

Questo è un tipico esempio che, se per un verso, rende testimonianza del provincialismo dell'Accademia italiana che impedì a De Giorgi di conquistare la celebrità, avverte però anche che un modesto *impact factor* delle riviste non è necessariamente condizione di scarsa qualità dell'articolo, e viceversa.

Chiudo con le parole di Ennio De Giorgi:

> *La matematica è una delle manifestazioni più significative dell'amore per la sapienza. Come tale è caratterizzata da un lato da una grande libertà,*

dall'altro dall'intuizione che il mondo è fatto di cose visibili e invisibili e la matematica ha forse una capacità, unica fra le altre scienze, di passare dall'osservazione delle cose visibili all'immaginazione delle cose invisibili. Questo forse è il segreto della forza della matematica.